



Surabaya, 6 Juli 2023

## SEMINAR NASIONAL HASIL RISET DAN PENGABDIAN

"Peran Riset, Inovasi dan Pengabdian Kepada Masyarakat Bagi Pembangunan Indonesia Berkelanjutan"



# RANCANG BANGUN MESIN PENGERING BEKU UNTUK PENYIMPANAN BUAH MANGGA 20 KG

**Sandi Rifqi Ridwansyah**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Majalengka, Indonesia

\*Email: [ridwansyahsandrifqi@gmail.com](mailto:ridwansyahsandrifqi@gmail.com)

### Abstrak

Mangga memiliki kandungan air yang sangat tinggi. Tujuan dibuatnya alat ini adalah mengetahui beban pendingin pada mesin pengering beku, mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur  $-20^{\circ}\text{C}$ . Alat ini menggunakan sistem pendingin kompresi uap dan proses pemvakuman artinya alat ini mendinginkan ruang penyimpanan atau kabin dengan udara didalam kabin kering. Metode penelitian penulis yaitu menentukan luas permukaan kabin agar mengetahui kapasitas mesin pengering beku dan menentukan beban pendinginan dengan cara menghitung beban produk, beban panas yang melalui dinding dan beban lainnya yang menghasilkan panas, maka berdasarkan perhitungan beban pendinginan didapat yaitu 1.352,36 watt, sehingga kompresor yang digunakan untuk mesin pengering beku sebesar 1,8 PK. Dari pengujian alat selama 10 menit sekali selama 2 jam dan dipertahankan temperatur selama 6 jam didapat temperatur evaporator  $-24,64^{\circ}\text{C}$  dan temperatur produk  $-16,2^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{COP}_{\text{Carnot}}$  sebesar 3,77 dan  $\text{COP}_{\text{Aktual}}$  sebesar 2,87 dengan efisiensi 76%, konsumsi daya listrik sebesar Rp.223.891. Sedangkan pada rancangan memperoleh  $\text{COP}_{\text{Carnot}}$  sebesar 3,8 dan  $\text{COP}_{\text{Aktual}}$  sebesar 3,30 dengan efisiensi 87%, konsumsi daya listrik sebesar Rp.201.177.

**Kata kunci:** Mangga 1; COP 2; Efisiensi 3.

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan wilayah negara tropis yang memiliki aneka ragam buah-buahan di dataran rendah ataupun dataran tinggi. Mangga merupakan salah satu produk buah di wilayah tropis yang memiliki kandungan senyawa untuk menjaga kesehatan tubuh seperti *karotenoid*, vitamin C, dan *senyawa fenolik* yang bermanfaat sebagai pencegahan terhadap penyakit *kardiovaskuler* dan kanker (Pot dkk., 2003). Kandungan air didalam buah mangga sangat banyak yaitu 84%, maka pengering beku salah satu metode pengeringan terbaik untuk mengeringkan buah karena dapat mempertahankan karakteristik khas buah seperti warna, rasa, dan aroma

serta untuk pengawetan produk hortikultura bahkan penelitian mengenai rancang bangun mesin pengering beku masih sangat terbatas.

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis membuat jurnal dengan judul "Rancang Bangun Mesin Pengering Beku Untuk Penyimpanan Buah Mangga 20 kg". Dengan temperatur kabin yang diharapkan adalah  $-20^{\circ}\text{C}$ . Dengan alat yang dibuat ini diharapkan dapat bermanfaat khususnya bagi pengembangan penelitian alat pendingin yang lebih baik lagi.

Adapun tujuan dibuatnya jurnal ini yaitu untuk mengetahui beban pendinginan pada mesin pengering beku, mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur  $-20^{\circ}\text{C}$ , Mengetahui performansi kinerja mesin pengering beku yang dihasilkan.

Menurut Belyamin, dkk (2011), menyatakan bahwa pengering beku vakum dengan pemanasan kondensor dengan tekanan kerja  $-1$  sampai  $3$  milibar, temperatur ruang *chamber* sampai minus ataupun dibawah  $0^{\circ}\text{C}$ , temperatur kondensor sampai  $35^{\circ}\text{C}$ . Pada proses pengeringan yang tidak memakai pemanasan kondensor hingga waktu terselesainya proses sublimasi sepanjang  $13$  jam serta didapatkan nilai limit deteksi ( LOD) sebesar  $\pm 98,6\%$  sebaliknya pada proses pengeringan yang memakai pemanasan kondensor hingga waktunya jadi  $6,5$  sampai  $7$  jam serta didapatkan nilai limit deteksi ( LOD) sebesar  $\pm 95,6\%$ .

Menurut Loay Abu Shamseih dkk (2018), menyatakan bahwa pengeringan beku merupakan metode untuk menghilangkan air menggunakan sublimasi kristal es. Apabila proses ini berjalan dengan baik maka menghasilkan produk dengan kualitas terbaik dibandingkan dengan produk dengan metode tradisional. Dalam industri makanan dan bidang farmasi, produk bubuk telah menjadi subjek penting untuk pengembangan dan ekspansi yang sedang berlangsung. Produk bubuk yang digunakan dalam proyek ini tidak umum di Timur Tengah, maka akan dibuat prototipe tujuan untuk menghasilkan produk dengan kualitas tinggi selama proses pengeringan beku. Jadi berdasarkan hasil dari penelitian tersebut bahwa produk bubuk atau *powder* merupakan cara efektif untuk menghasilkan kualitas yang baik dengan metode pengering beku dibandingkan dengan metode tradisional. Hasil kinerja yang didapat massa produk berkurang menjadi  $83\%$  dengan perubahan warna, tekanan vakum mencapai  $10\text{-kpa}$ , temperatur mencapai  $-21^{\circ}\text{C}$ , waktu pembekuan selama  $2$  jam.

Menurut Tar Sesugh Solomon dkk (2019), menyatakan bahwa tomat dan lada diuji pada pengering beku pada suhu  $-1,4^{\circ}\text{C}$ ,  $-1,5^{\circ}\text{C}$  dan  $-2^{\circ}\text{C}$ , dan tekanan vakum  $-22$  inHg,  $-24$  inHg, dan  $-29$  inHg, waktu pengeringan beku adalah  $10$  jam dan  $20$  jam, setiap waktu pengambilan data selama  $10$  jam. Kadar air  $0\%$  dicapai dengan bantuan vakum karena kelembaban tidak ada di ruang vakum. Produk kering beku mampu mendapatkan kembali kesegarannya ketika dilarutkan dengan air. Direkomendasikan antara lain agar petani didorong untuk menggunakan pengering beku untuk mengeringkan tomat dan lada. Hasil kinerja mesin pengering beku selama proses

pembekuan dilakukan selama 10 jam didapat temperatur beku produk tomat dan lada yaitu  $-2^{\circ}\text{C}$  dan tekanan vakum sebesar  $-29$  inHg.

Pengering beku adalah proses dimana air dikeluarkan dari produk setelah dibekukan dan udara di dalam kabin akan dikeluarkan oleh proses pemvakuman, memungkinkan es bisa berubah dari padat menjadi uap tanpa melewati fase cair. Pengering beku merupakan salah satu metode yang memiliki kelebihan dalam mempertahankan mutu hasil pengeringan, khususnya untuk produk yang sensitif terhadap panas (Novindo, 2017).

Beban pendingin terbagi menjadi beberapa bagian, yaitu perhitungan beban pendinginan pada dinding dan beban pendinginan pada produk.

Untuk menghitung beban pendinginan pada dinding yaitu :

$$Q = U \times A \times \Delta T \quad (1)$$

Dimana :

$Q$  = Kalor yang dihasilkan (watt)

$U$  = Koefisien perpindahan panas pada dinding ( $\text{watt}/\text{m}^2.\text{K}$ )

$A$  = Luas permukaan ruang dinding ( $\text{m}^2$ )

$\Delta T$  = Perbedaan temperature lingkungan dengan ruang (K)

Untuk mendapatkan nilai  $U$ , diperlukan rumus, yaitu :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_0} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \frac{1}{f_i}} \quad (2)$$

Dimana :

$f_0$  = Koefisien konveksi pada lingkungan ( $\text{Watt}/\text{m}^2.\text{K}$ )

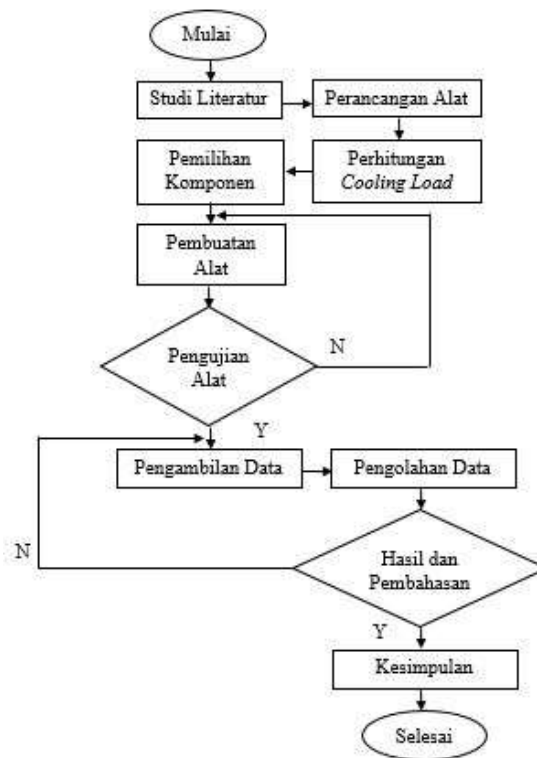
$k_n$  = Konduktivitas *thermal* pada lapisan dinding ke-n ( $\text{Watt}/\text{m}.\text{K}$ )

$x_n$  = Tebal lapisan dinding ke-n (meter)

$f_i$  = Koefisien konveksi pada ruang ( $\text{Watt}/\text{m}^2.\text{K}$ )

## METODE

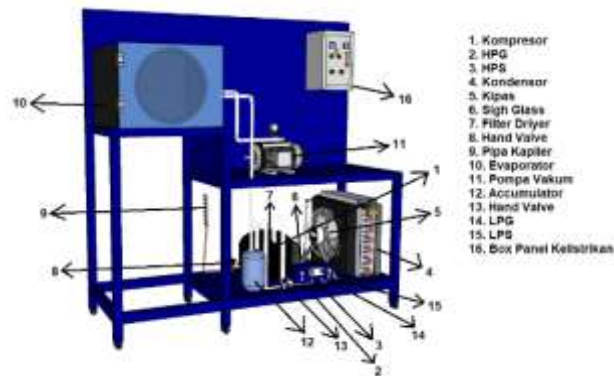
Jenis penelitian ini menggunakan metode rancang bangun, yaitu dilakukan untuk mendapatkan data perancangan, pembuatan mesin, dan kinerja mesin pengering beku. Adapun alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



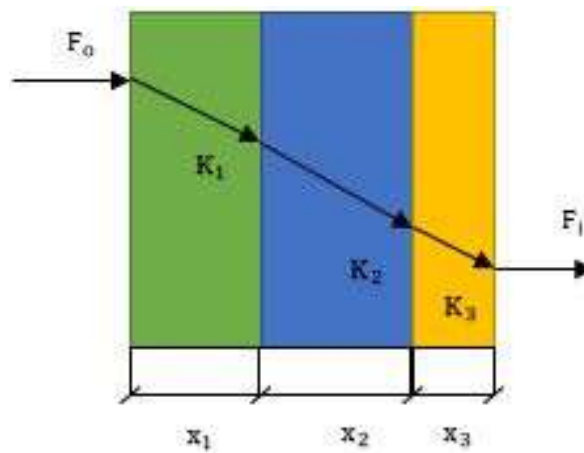
**Gambar 2.** Flow Chart Pelaksanaan

Rancangan yang digunakan penelitian adalah berawal dari pembuatan *custom* kabin silinder dengan tinggi 0,5 m dan diameter 0,35 m untuk penyimpanan buah mangga 20 kg. Unit komponen menggunakan kompresor 1,8 HP sebanyak 1 unit. Evaporator sebanyak 1 unit yang digunakan adalah evaporator *custom*, evaporator menyesuaikan dengan diameter pipa *suction* dan kemudian dililitkan pada kabin silinder dengan lilitan padat. Kondensor yang digunakan adalah jenis *air cooled condenser* dengan tambahan *fan* dengan kapasitas yang disamakan dengan kemampuan dari kompresor, sedangkan untuk alat ekspansi menggunakan pipa kapiler dengan bahan pipa tembaga dengan diameter dan panjang disesuaikan dengan kapasitas kompresor.

Dari keempat komponen tersebut dilakukan proses perakitan dengan peralatan dan bahan yang sudah disediakan bersama rekan-rekan hingga terbentuk unit sesuai rancangan, unit yang digunakan sebagai penelitian dirancang dan dibangun sedemikian rupa hingga dapat digunakan sebagai penelitian untuk rekan-rekan dengan judul yang berbeda. Rancang unit yang dirakit adalah dengan temperatur rancangan kabin untuk pengering beku yaitu  $-20^{\circ}\text{C}$ , sistem *refrigerasi* yang kami rancang menggunakan refrigeran 404A, sedangkan untuk perhitungan pipa kapiler dilakukan berdasarkan referensi tabel konversi pipa kapiler.



Gambar 3. Desain Alat Mesin Pengering Beku



Gambar 4. Material Kabin

Tabel 1. Material Dinding

Bahan	Ketebalan	Satuan (m)	Konduktivitas termal W/mK
Plat Baja ( $K_1$ )		0,0014	14
Polyurethane ( $K_2$ )		0,03	0,023
Stainless Steel ( $K_3$ )	1,4 mm	0,0008	19
Still air ( $F_{in}$ )	30 mm	-	9,37
Moving Air ( $F_{out}$ )	0,8 mm	-	22,70
	-		
	-		

Perhitungan beban pendinginan pada dinding yaitu :

$$\begin{aligned}
 U &= \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \frac{1}{f_o}} \\
 &= \frac{1}{\frac{1}{9,37} + \frac{0,0014}{14} + \frac{0,03}{0,023} + \frac{0,0008}{19} + \frac{1}{22,70}} \\
 &= \frac{1}{0,11 + 0,0001 + 1,30 + 0,000042 + 0,04}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{0,11 + 0,0001 + 1,30 + 0,000042 + 0,04} \\
 &= \frac{1}{1,45} \\
 &= 0,69 \text{ W/m}^2\text{K}
 \end{aligned}$$

Perhitungan beban panas yang dihasilkan oleh dinding yaitu :

$$\begin{aligned}
 Q &= U \times A \times \Delta T \\
 &= 0,69 \text{ W/m}^2\text{K} \times 0,82 \text{ m}^2 \times 52^\circ\text{K} \\
 &= 29,42 \text{ W}
 \end{aligned}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan kinerja sistem antara rancangan dengan hasil pengujian ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

**Tabel 2.** Perbandingan Kinerja Sistem

No	Kinerja Sistem	Rancangan	Hasil Pengujian
1.	Proses Kompresi (kJ/kg)	29,2	34,5
2.	Proses Kondensasi (kJ/kg)	125,6	133,43
3.	Proses Evaporasi (kJ/kg)	96,4	98,93
4.	Laju Aliran Massa Refrigeran (kg/s)	0,04	0,04
5.	Kapasitas Kondensor (kJ/s)	5,02	5,34
6.	Kapasitas Evaporator (kJ/s)	3,86	3,96
7.	Kapasitas Kompresor (kJ/s)	1,8	1,8
8.	COP <sub>Actual</sub>	3,30	2,87
9.	COP <sub>Carnot</sub>	3,8	3,77
10.	Efisiensi (%)	87	76
11.	Rasio Kompresi	12,67	15
12.	Konsumsi Daya Listrik :	a. 880	a. 990
	a. Daya Semu (VA) b. Daya Nyata (Rp)	b. 201.177	b. 223.891

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian jurnal ini dapat disimpulkan bahwa beban pendinginan yang diperoleh yaitu 1.352,36 watt, sehingga kompresor yang digunakan untuk mesin pengering beku sebesar 1,8 HP. Pengambilan data dilakukan selama 8 jam, mesin pengering beku dengan temperatur rancangan kabin -20°C, sedangkan untuk hasil yang diperoleh temperatur kabin -13,1°C. Temperatur kabin tidak tercapai dikarenakan kabin mengalami kondensasi sehingga temperatur didalam kabin tidak maksimal ataupun tidak tercapai. Nilai COP<sub>Carnot</sub> untuk data rancangan sebesar 3,8 sedangkan nilai COP<sub>Carnot</sub> hasil pengujian sebesar 3,77. Nilai COP<sub>Aktual</sub> untuk data rancangan sebesar 3,30 sedangkan nilai COP<sub>Aktual</sub> hasil pengujian sebesar 2,87. Nilai efisiensi untuk data rancangan sebesar 87% sedangkan untuk efisiensi hasil pengujian sebesar 76%.

Konsumsi daya listrik untuk data rancangan sebesar Rp.201.177 sedangkan untuk hasil pengujian sebesar Rp.223.891.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini khususnya kepada perguruan tinggi yang telah mendukung program ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anna Rakhmawati. 2013. *Jurnal Mikroorganisme Kontaminan Pada Buah*. Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta. 9 Halaman.
- Anwar, K. (2010) 'Efek Beban Pendingin terhadap Performa Sistem Mesin Pendingin', *Jurnal SMARTek*.
- Barbaree, dkk. 1985. *Problem in freeze drying: Stability in glass-sealed rubber stoppered vials*. Proceeding Development in Industrial 26. pp.397-409.
- Belyamin, Subarkah, R. and Nasruddin (2011) 'Pengembangan Pengereng Beku Pembekuan Vakum Dengan Pemanasan Kondenser', *Politeknologi*.
- Ilyas, S. (1983) *Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan: Teknik Pendinginan Ikan*, *Orphanet Journal of Rare Diseases*.
- King, C. J. (1980) 'Fundamentals of Freeze Drying, J. D. King, pub 3/79, Academic Press, 1978;\$47.50, 386 pages', *AIChE Journal*. doi: 10.1002/aic.690260235.
- Kumar, H.S., R. Radhakrishna, and P.K. Nagaraju. 2001. *Effect of combination drying on the physicochemical characteristics of carrot and pumpkin*. Journal of Food Processing and Preservation. Vol.25, No.6, Desember.
- Margana Ade Suryatman. 2009. *Rancang Bangun dan Analisis Pengujian Sistem Refrigerasi Product Chamber Pada Mesin Freeze Dryer*. Bandung: Jurusan Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung.
- Martin, Awaludin, dkk. 2013. *Perancangan Mesin Pengereng Beku Vakum Bengkuang*. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Pujihastuti, Isti. *Teknologi Pengawetan Buah Tomat Dengan Metode Freeze Drying*. Semarang: Universitas Diponegoro.